

#2 11/9/01
T.D.

PATENTS

IN THE UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE

In re application of

Naoki ODA

Serial No. (unknown)

Filed herewith

THERMO-SENSITIVE INFRARED RAY DETECTOR

J1017 U.S. PRO
09/939674
08/28/01


CLAIM FOR FOREIGN PRIORITY UNDER 35 U.S.C. 119
AND SUBMISSION OF PRIORITY DOCUMENT

Assistant Commissioner for Patents

Washington, D.C. 20231

Sir:

Attached hereto is a certified copy of applicant's corresponding patent application filed in Japan under 2000-259796, filed on August 29, 2000.

Applicant herewith claims the benefit of the priority filing date of the above-identified application for the above-entitled U.S. application under the provisions of 35 U.S.C. 119.

Respectfully submitted,

YOUNG & THOMPSON

By

Benoit Castel

Benoit Castel
Attorney for Applicant
Customer No. 000466
Registration No. 35,041
745 South 23rd Street
Arlington, VA 22202
703/521-2297

August 28, 2001

日本国特許庁
JAPAN PATENT OFFICE

j1017 U.S. PTO
09/939674
08/28/01

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office

出願年月日

Date of Application:

2000年 8月29日

出願番号

Application Number:

特願2000-259796

出願人

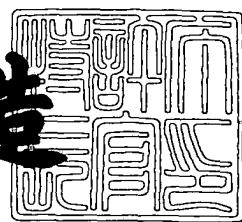
Applicant(s):

日本電気株式会社

2001年 5月31日

特許庁長官
Commissioner,
Japan Patent Office

及川耕造



出証番号 出証特2001-3049064

【書類名】 特許願
【整理番号】 54202411
【提出日】 平成12年 8月29日
【あて先】 特許庁長官殿
【国際特許分類】 G01J 1/02
 H01L 27/14

【発明者】

【住所又は居所】 東京都港区芝五丁目7番1号 日本電気株式会社内
【氏名】 小田 直樹

【特許出願人】

【識別番号】 000004237
【氏名又は名称】 日本電気株式会社

【代理人】

【識別番号】 100114672

【弁理士】

【氏名又は名称】 宮本 恵司

【電話番号】 042-730-6520

【手数料の表示】

【予納台帳番号】 093404
【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1
【物件名】 図面 1
【物件名】 要約書 1

【包括委任状番号】 0004232

【プルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 热型赤外線検出器

【特許請求の範囲】

【請求項1】

感熱抵抗体で赤外線を検出する熱型赤外線検出器において、
第1の温度検出部と第2の温度検出部とを有し、前記第1の温度検出部には、
基板から熱的に分離された第1の感熱抵抗体が配設され、前記第2の温度検出部
には、前記基板から熱的に分離された第2の感熱抵抗体が前記第1の感熱抵抗体
と略同一形状で配設されると共に、前記第2の感熱抵抗体に入射する赤外線を遮
断する手段を備えたことを特徴とする熱型赤外線検出器。

【請求項2】

アレイ状の感熱抵抗体で赤外線を検出する熱型赤外線検出器において、
前記アレイを構成する各々の画素に、第1の温度検出部と第2の温度検出部と
を有し、前記第1の温度検出部には、基板から熱的に分離された第1の感熱抵抗
体が配設され、前記第2の温度検出部には、前記基板から熱的に分離された第2
の感熱抵抗体が前記第1の感熱抵抗体と略同一形状で配設されると共に、前記第
2の感熱抵抗体に入射する赤外線を遮断する手段を備え、前記第1の感熱抵抗体
及び前記第2の感熱抵抗体の温度変化に基づく出力信号の差分が、前記基板内に
形成された読出回路で検出されることを特徴とする熱型赤外線検出器。

【請求項3】

前記第1の感熱抵抗体及び前記第2の感熱抵抗体がバイアス電流で駆動され、
前記バイアス電流による自己発熱に基づく前記出力信号の変化が、前記第1の感
熱抵抗体と前記第2の感熱抵抗体とで相殺されることを特徴とする請求項1又は
2に記載の熱型赤外線検出器。

【請求項4】

前記赤外線を遮断する手段が、前記第2の感熱抵抗体に入射する赤外線を反射
する赤外線反射手段、又は、前記第2の感熱抵抗体に入射する赤外線を前記第2
の感熱抵抗体上部で吸収する赤外線吸収手段の少なくとも一方を有することを特
徴とする請求項1乃至3のいずれか一に記載の熱型赤外線検出器。

【請求項5】

前記赤外線反射手段が、前記第2の感熱抵抗体上層に形成されたA1、T1、W及びそれらのシリサイド膜のいずれかを含むことを特徴とする請求項4記載の熱型赤外線検出器。

【請求項6】

前記赤外線吸収手段が、前記第2の感熱抵抗体の少なくとも一部を空間を隔て覆い、その一側端部が前記第1の感熱抵抗体に熱的に接続される構造体からなることを特徴とする請求項4記載の熱型赤外線検出器。

【請求項7】

前記構造体が、前記第2の感熱抵抗体を挟んでその両側に形成される前記第1の感熱抵抗体の内側端部から、各々、前記第2の感熱抵抗体の中央に向かって迫り出す底状に形成されていることを特徴とする請求項6記載の熱型赤外線検出器。

【請求項8】

前記赤外線吸収手段が、シリコン窒化膜、シリコン酸化膜、シリコン炭化膜、シリコン酸窒化膜及びこれらの積層膜のいずれかを含むことを特徴とする請求項6又は7に記載の熱型赤外線検出器。

【請求項9】

前記赤外線吸収手段が、感熱抵抗体又は金属膜のいずれかを含むことを特徴とする請求項8記載の熱型赤外線検出器。

【請求項10】

前記第1の温度検出部及び前記第2の温度検出部の熱容量が所定の範囲で一致するように、前記赤外線反射手段又は前記赤外線吸収手段の熱容量が設定されることを特徴とする請求項4乃至9のいずれか一に記載の熱型赤外線検出器。

【請求項11】

前記赤外線反射手段の熱容量と前記赤外線吸収手段の熱容量とが略等しいことを特徴とする請求項10記載の熱型赤外線検出器。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は、熱分離構造で形成された感熱抵抗体で赤外線を検出する熱型赤外線検出器に関する。

【0002】

【従来の技術】

熱型の赤外線検出器は、一般に、物体から放射された赤外線を光学的共振構造の赤外線吸収膜で吸収して熱に変換し、マイクロブリッジ構造のダイアフラムを構成するボロメータ薄膜等の感熱抵抗体の温度を上昇させて抵抗を変化させ、その抵抗変化から対象物の温度を測定するものである。このような熱分離構造を有する熱型赤外線検出器は、ボロメータ薄膜自身の温度変化により赤外線を検出するものであるため、環境温度等が変動するとそれに起因して検出器の出力にドリフトが生じ、正確に赤外線を検出することができなくなる。

【0003】

このような環境温度変動による検出器出力のドリフトを抑制するには、温度制御器で検出器の温度を制御すればよいが、この方法では温度制御器を別途設けなければならず、装置の価格上昇を招いてしまう。そこで、温度制御器を使用せずに検出器出力のドリフトを抑制する方法が、特開平11-248530号公報、特開平10-227689号公報等に記載されている。

【0004】

まず、特開平11-248530号公報記載の技術（第1の従来例）について、図13及び図14を参照して説明する。図13は、第1の従来例に係る赤外線検出器の1画素の構造を模式的に示す斜視図であり、図14は、信号を増幅する回路を示す図である。図13に示すように、第1の従来例の赤外線検出器は、1画素内に金属ボロメータ80と、同ボロメータと同一金属で構成され、基板82に埋め込まれた抵抗体83とが形成されている。ここで、金属ボロメータ80は2本の支柱81により宙に浮かせた熱分離構造上に形成されているため、入射赤外線により温度変化が生じやすく抵抗値も変化するが、一方、基板82に埋め込まれた抵抗体83は、赤外線が入射しても基板82と熱的に分離されていないため、入射赤外線による温度変化が生じ難い。

【0005】

この金属ボロメータ80と抵抗体83とを、図14に示すように、オペアンプ84の帰還抵抗 R_f (80)と入力抵抗 R_s (83)として反転増幅器を構成することにより、金属ボロメータ80と抵抗体83の抵抗値の比を電圧の形で取り出すことができ、抵抗体83の出力を参照することにより環境温度の変動を相殺し、温度制御を必要としない赤外線撮像素子を実現することができる。更に、同実施例において、金属ボロメータ80及び抵抗体83を薄膜形成技術で同時成膜することにより、両者の物性値の固有差を低減させ、赤外線撮像の精度を向上させている。

【0006】

次に、特開平10-227689号公報記載の技術（第2の従来例）について、図15及び図16を参照して説明する。図15は、第2の従来例に係る赤外線検出器の信号読み出し回路図であり、図16は、赤外線検出器の1画素の構造を模式的に示す断面図である。

【0007】

図15には、赤外線検出器と同検出器の出力信号の増幅器としてのチョッパー型増幅器とから成る信号読み出し回路が示されており、101は第1感熱抵抗体、102はダミー抵抗体である第2感熱抵抗体、103はカレントミラー回路、104aはトランジスタから成る第1スイッチ、104bはトランジスタから成る第2スイッチ、104cはトランジスタから成る第3スイッチ、105aは第1ノード、105bは第2ノード、105cは第3ノード、106は容量、107はインバータを示している。赤外線検出器は、第1感熱抵抗体101およびダミー抵抗体102として示されており、アレイ検出器の場合、1つの画素内に設けられている。また、増幅器は、第1スイッチ104a、第2スイッチ104b、第3スイッチ104c、容量106およびインバータ107で構成されている。

【0008】

このような構成の赤外線検出器の動作について説明すると、第1感熱抵抗体101とダミー抵抗体102とはカレントミラー回路103に接続されており、第1感熱抵抗体101とダミー抵抗体102には同じ電流が流れる。ここで、両抵抗体に電流を流し、同時にクロック信号を第1スイッチ104aに与えると、同スイッチがオン状態

になり第1ノード105aに出力された電気信号は容量106に伝わる。同容量の、第1スイッチ104aが接続された側と反対側の端子は、インバータ107の入力部に接続されている。また、同容量に電気信号が伝わると同時に第2スイッチ104bにクロック信号を与えると、同インバータの入力部と出力部が短絡され、増幅器の動作点を決めることができる。

【0009】

更に、第1スイッチ104aと第2スイッチ104bをオフ状態にし、クロック信号を第3スイッチ104cに与えると、同スイッチがオン状態になり、第2ノード105bに出力された電気信号が容量106に伝わる。第3ノード105cに出力される電気信号は、第1ノード105aと第2ノード105bとの電位差分に等しい電位を第3ノード105cにもたらす。この第1ノード105aと第2ノード105bの電位差は、赤外線の入射量に対応する温度上昇分に応じて生じる。そして、第3ノード105cに出力される電気信号はインバータ107を介して増幅器から出力される。

【0010】

次に、図16を参照して第2の従来例の赤外線検出器の構造について説明する。図16の(a)及び(b)は、各々1画素の断面構造を表しており、図の左側が赤外線検出部、右側がダミー抵抗部を示している。第1感熱抵抗体121の第1ボロメータ薄膜131は、マイクロマシーニング技術を応用して、シリコン基板123から熱分離され、支持台124と同基板123との間には空洞部126が形成されており、第1感熱抵抗体121は入射赤外線によって容易に温度変化が生じるような構造になっている。一方、第2ボロメータ薄膜132は、第1ボロメータ薄膜131と同じ形状、即ち薄膜状のものであり、支持台124を介してシリコン基板123上に形成される。

【0011】

ここで、環境温度変動によって赤外線検出器の出力が変化しないように、第1ボロメータ薄膜131と第2ボロメータ薄膜132の抵抗温度係数(TCR)は同程度の値としている。また、第2ボロメータ薄膜132下部の支持台124の厚さは、図16(a)に示すように薄く形成したり、また、図16(b)に示すように厚く形成することもできる。

【0012】

このような構造の赤外線検出器では、第2ボロメータ薄膜132に赤外線が入射しても、赤外線による温度変化はヒートシンクであるシリコン基板123に容易に伝わり、第2感熱抵抗体122の抵抗値が入射赤外線により変化することはない。すなわち、第2感熱抵抗体122の抵抗値は赤外線検出器を取り巻く環境温度変動によってのみ変わるが、第1感熱抵抗体121の抵抗値は、入射赤外線および環境温度変動の双方によって変わる。このような構成の赤外線検出器と図14の信号読出回路とを組み合わせることにより、直流通的な出力電圧を環境温度に依らず一定にし、入射赤外線により生じた信号分を上乗せさせることが可能になる。

【0013】

【発明が解決しようとする課題】

しかしながら、上述した第1の従来例及び第2の従来例の熱型赤外線検出器では、1画素において、金属ボロメータ80や第1ボロメータ薄膜131が基板82や123から宙に浮く熱分離構造で形成されているのに対して、抵抗体83や第2ボロメータ薄膜132はヒートシンクである同基板上に直に成膜されているため、両者の出力信号を比較演算して環境温度変化の影響は取り除くことができるが、ボロメータの出力がバイアスに起因する自己発熱によって大きく変動してしまうという問題を回避することはできない。この問題について、以下に詳述する。

【0014】

通常、このような画素を2次元に並べて、基板中のオンチップ読出回路により信号電圧として読み出す場合、パルス状のバイアス電流を流す必要がある（田中等, *The 8th International Conference on Solid-State Sensors and Actuators, and Eurosensors IX*. June 25-29, 1995参照）。熱分離構造を有する熱型赤外線検出器にパルスバイアス電流を流すとジュール熱によりボロメータ自体の温度が急激に上昇し（自己発熱）、パルスバイアス電流をオフにすると元の温度に向かって冷えるが、この温度差は、田中等（*SPIE vol.3061, 1997, pp198-209*）の場合、数十°Cにもなる。一方、周囲温度からの温度差が0.1°C程度の被写体をF/1の光学系を有する赤外撮像装置で検知する場合、ボロメータの温度は、0.2m°C程度しか変化しない。従って、パルスバイアス駆動のボロメータ型赤外線撮像素

子の信号は、自己発熱成分の上に非常に小さい信号成分が重畠された構成となつてゐる。

【0015】

さて、ボロメータが赤外線輻射を受けるとその温度が変化し、それに伴い抵抗値が変化する。ここでは、第1の従来例（特開平11-248530号公報）を引用して説明すると、金属の抵抗の温度依存性は、式1で表される。

【0016】

$$R = R_0 \exp(\kappa_M T) \quad \cdots(1)$$

【0017】

ここで、 R_0 はボロメータ形状で決まる定数、 κ_M は抵抗温度係数であり、金属の場合、種類によって一定である。このことを考慮すると、図13において基板82の温度 T_A が変動した場合に熱分離構造上に形成されたボロメータ80（抵抗値 R_B ）と基板上に直に形成された抵抗83（抵抗値 R_R ）の各々の温度 T_B と T_R がどのように変動するかは次式で表される。

【0018】

$$T_R = T_A + \sum_{i=1}^{\infty} \Delta T_{Ai} \sin\left(2\pi \frac{t}{t_i}\right) \cdots(2)$$

$$T_B = T_A + \sum_{i=1}^{\infty} \Delta T_{Ai} \sin\left(2\pi \frac{t}{t_i}\right) \left(1 - \exp\left(-\frac{t}{\tau_{th}}\right)\right) + \Delta T_{OBJ} + \Delta T_J \quad \cdots(3)$$

$$\Delta T_{OBJ} = \frac{I_{in}}{G_{th}} \left(1 - \exp\left(-\frac{\tau_f}{\tau_{th}}\right)\right) \quad \cdots(4)$$

$$\Delta T_J = \frac{V_B^2}{R_B G_{th}} \left(1 - \exp\left(-\frac{\tau_{ro}}{\tau_{th}}\right)\right) \quad \cdots(5)$$

【0019】

ここで、 ΔT_{Ai} は周期 t_i の環境温度変動、 τ_{th} は熱分離構造のボロメータの熱時定数、 ΔT_{OBJ} は被写体の熱輻射 $I_{in}(W)$ による熱分離構造上のボロメータの温度変化、 ΔT_J はジュール熱による熱分離構造上のボロメータの温度上昇、 V_B はバイアス電圧、 G_{th} は熱分離構造の熱コンダクタンス、 τ_{ro} はバイアスパルスの時間、 τ_f はフレーム時間である。田中等の文献（The 8th International Conference on Solid-State Sensors and Actuators, and Eurosensors IX, June 2

5-29, 1995) では、 $\tau_{ro} \ll \tau_{th}$ であるので、 ΔT_J は次のように近似される。

【0020】

$$\Delta T_J = \frac{V_B^2}{R_B} \frac{\tau_{ro}}{C_{th}} \quad \cdots(6)$$

【0021】

ここで、 C_{th} は、図13の熱分離構造において、金属ボロメータ80を含む温度検出部（80と同じ部分）の熱容量である。金属抵抗の温度依存性が式1で表されるので、図14の增幅方法の場合、出力信号 V_{out} は次のようになる。

【0022】

$$V_{out} \propto \frac{R_F}{R_S} = \frac{R_B}{R_R} = \frac{R_{B0}}{R_{R0}} \exp(\kappa_B T_B - \kappa_R T_R) \quad \cdots(7)$$

【0023】

ここで、抵抗温度係数が等しい理想的な場合 ($\kappa_B = \kappa_R$)、出力信号 V_{out} は

【0024】

$$V_{out} \propto \frac{R_{B0}}{R_{R0}} \exp(\kappa_B (T_B - T_R)) \quad \cdots(8)$$

【0025】

となる。式2と式3において、第2項の環境温度のドリフトの変動周期 t_i は、一般に熱時定数 τ_{th} より遙かに大きいので、

【0026】

$$T_B - T_R \approx \Delta T_{OBJ} + \Delta T_J \quad \cdots(9)$$

【0027】

となる。更に、前述したように、被写体の熱輻射による金属ボロメータ80の温度変化 (ΔT_{OBJ}) は、ジュール熱による温度上昇 (ΔT_J) に比べ遙かに小さいため、式9は次式のようになる。

【0028】

$$T_B - T_R \approx \Delta T_J = \frac{V_B^2}{R_B} \frac{\tau_{ro}}{C_{th}} \quad \cdots(10)$$

【0029】

式8と式10とより出力信号 V_{out} はバイアス電圧 V_B に強く依存することがわかる。このバイアス電圧 V_B は回路の温度変動によって変わりやすいため、図13の回路構成を採用した場合であっても、金属ボロメータ80が熱分離構造の上に形成され、一方、抵抗体83が基板82上に直に成膜されている限り、式10の $T_B - T_R$ は V_B^2 に比例して変化し、出力信号 V_{out} は大きく変動してしまう。この問題は、第2の従来例（特開平10-227689号公報）の場合でも同様に発生する。

【0030】

また、第1及び第2の従来例は、共に1画素内に赤外線を感知する素子と感知しない素子を設け、赤外線を感知しない素子に入射する赤外線は信号出力に寄与しないため、開口率が小さくなり、感度が下がってしまうという問題が生じる。

【0031】

本発明は、上記問題点に鑑みてなされたものであって、その主たる目的は、ペルチエ素子のような温度制御器を用いることなく、環境温度や検出器内の素子の自己発熱等に起因する検出器出力のドリフトを抑制することができ、更に、開口率を増加させて感度を上げることができる熱型赤外線検出器を提供することにある。

【0032】

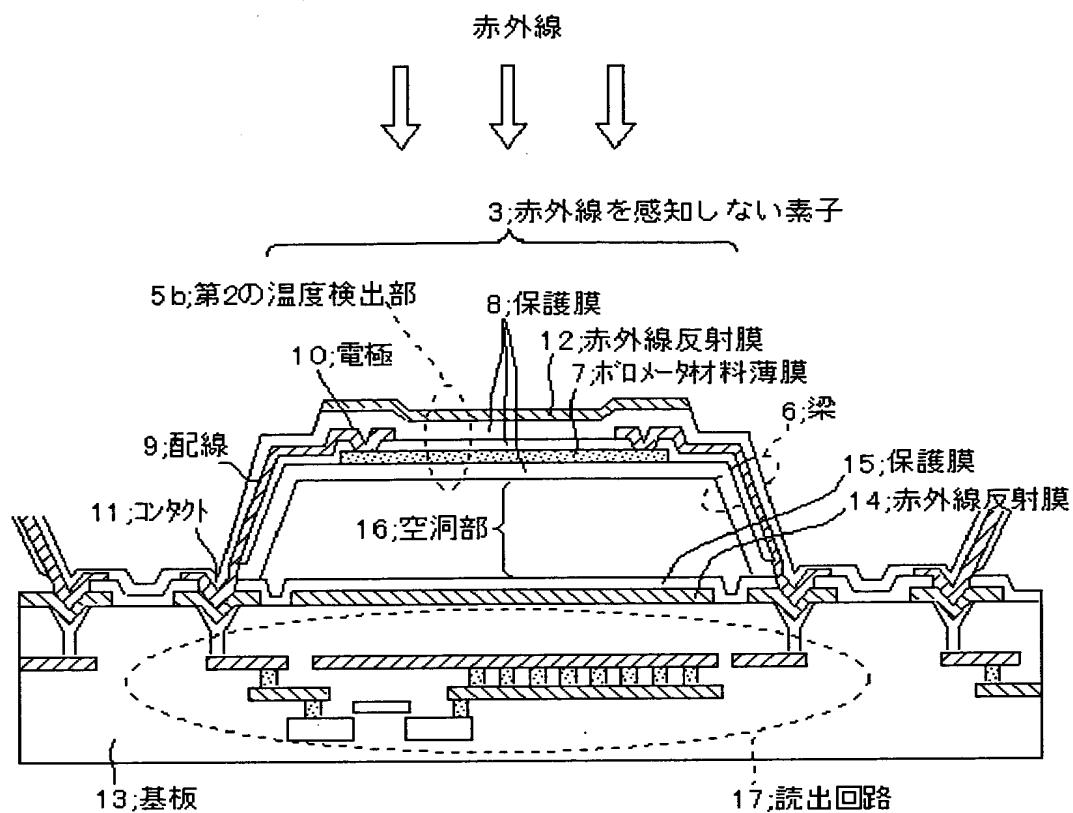
【課題を解決するための手段】

上記目的を達成するため、本発明は、感熱抵抗体で赤外線を検出する熱型赤外線検出器において、第1の温度検出部と第2の温度検出部とを有し、前記第1の温度検出部には、基板から熱的に分離された第1の感熱抵抗体が配設され、前記第2の温度検出部には、前記基板から熱的に分離された第2の感熱抵抗体が前記第1の感熱抵抗体と略同一形状で配設されると共に、前記第2の感熱抵抗体に入射する赤外線を遮断する手段を備えたものである。

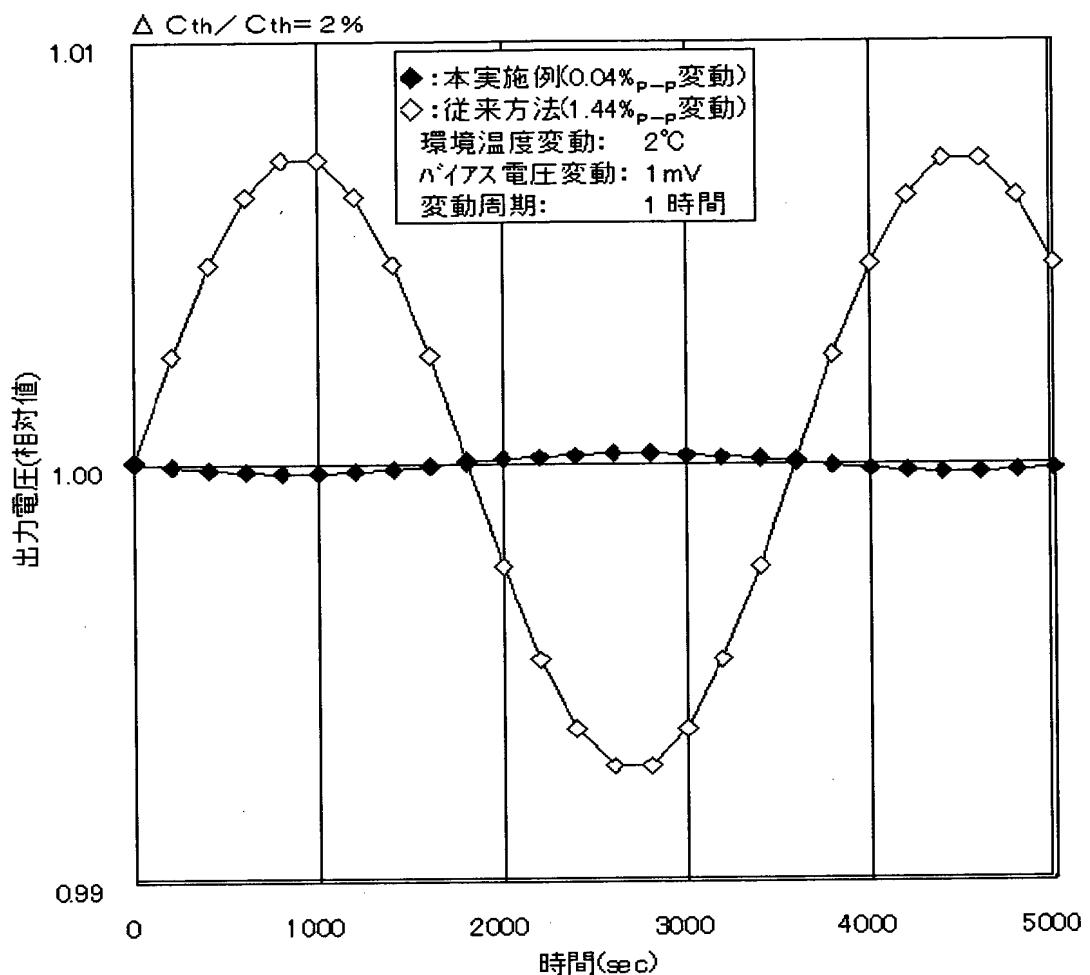
【0033】

また、本発明は、アレイ状の感熱抵抗体で赤外線を検出する熱型赤外線検出器において、前記アレイを構成する各々の画素に、第1の温度検出部と第2の温度検出部とを有し、前記第1の温度検出部には、基板から熱的に分離された第1の

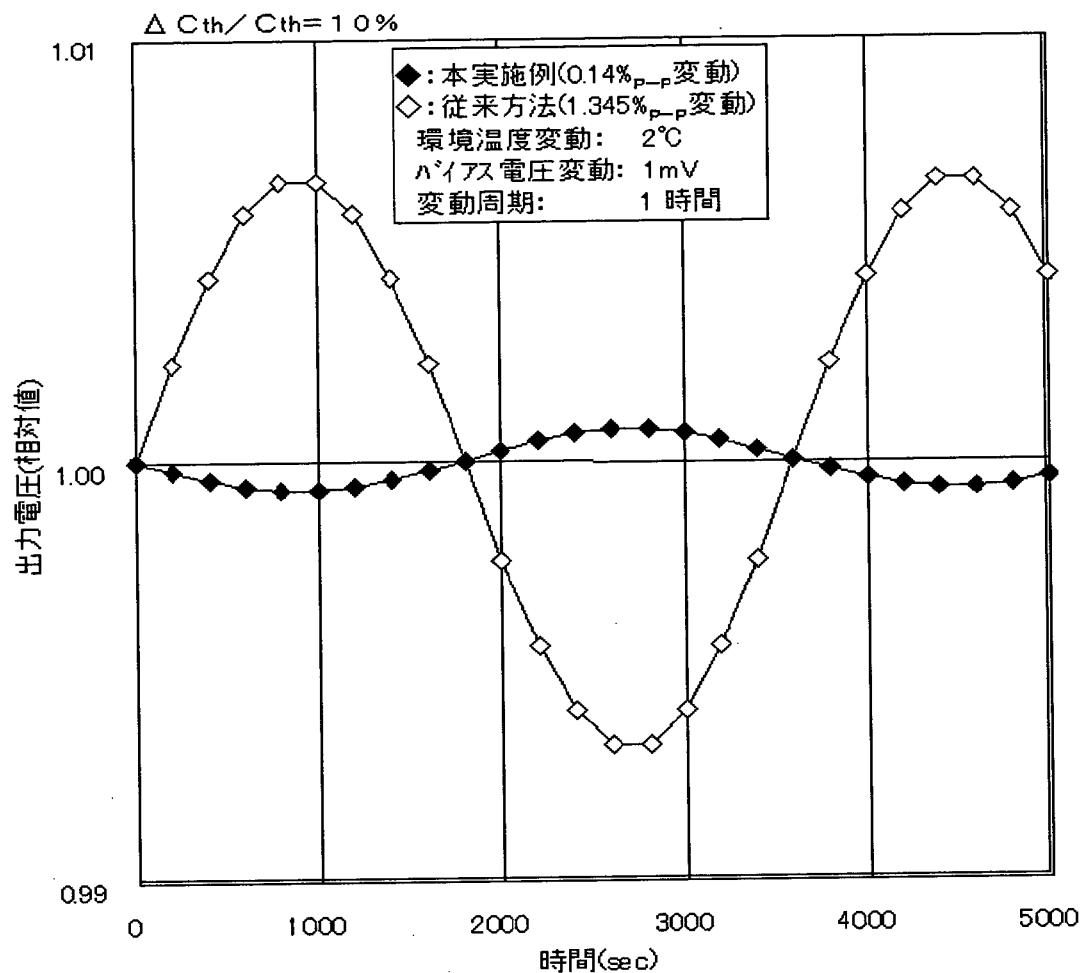
【図7】



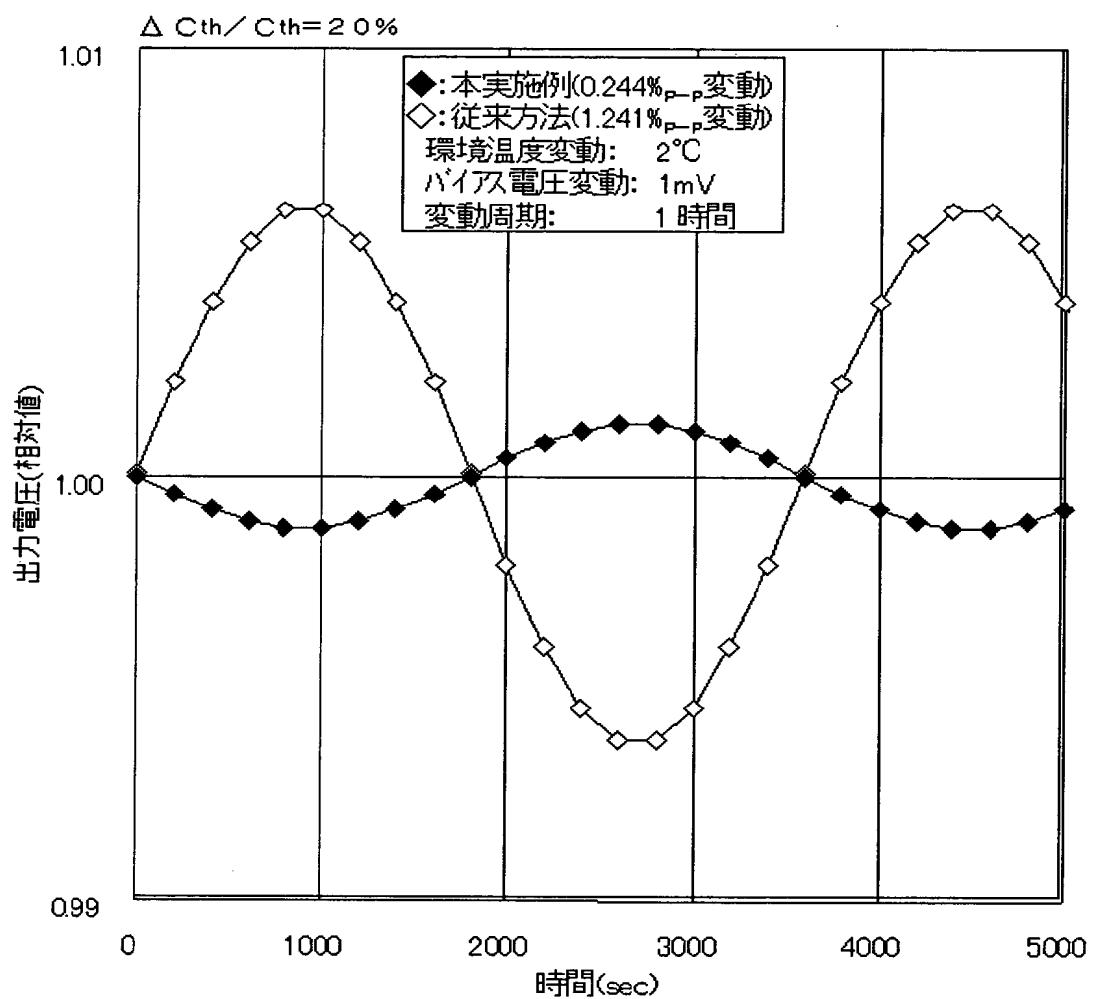
【図8】



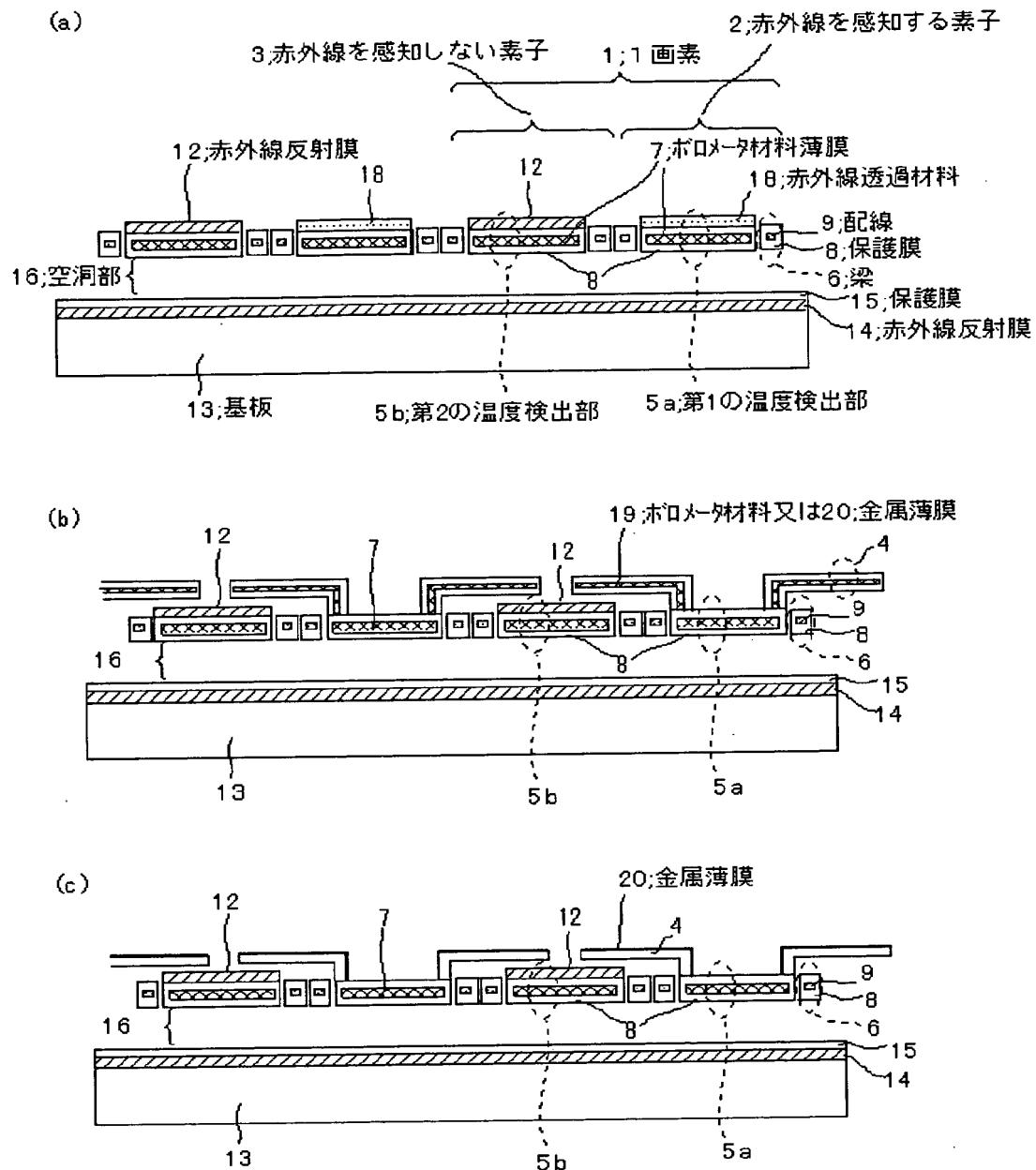
【図9】



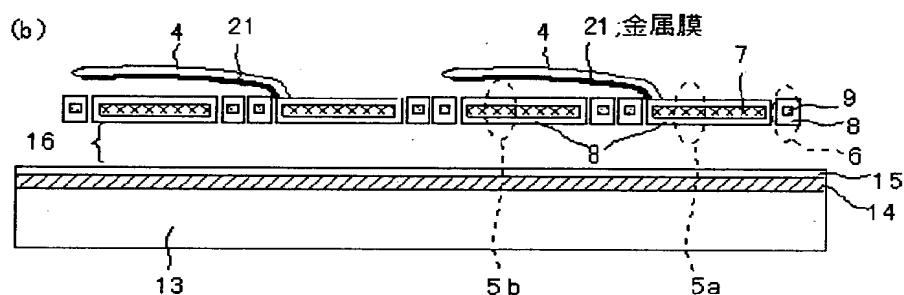
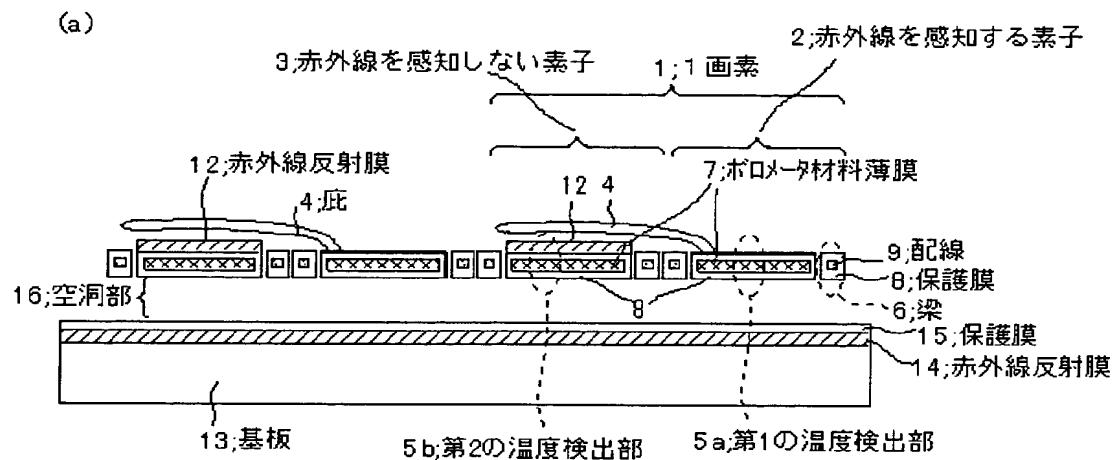
【図10】



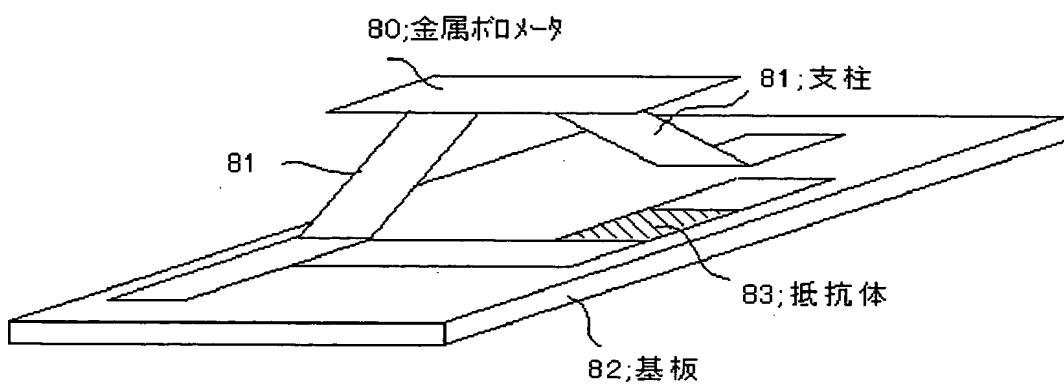
【図11】



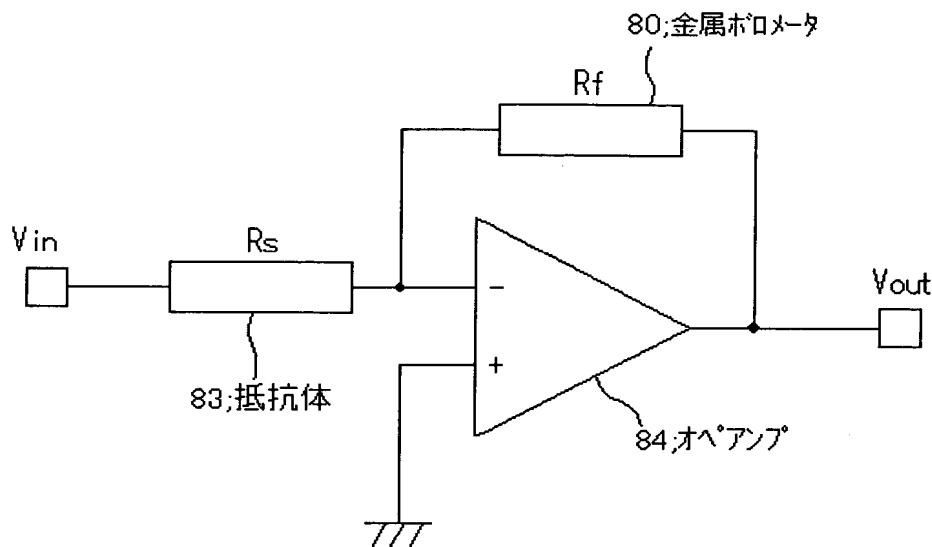
【図12】



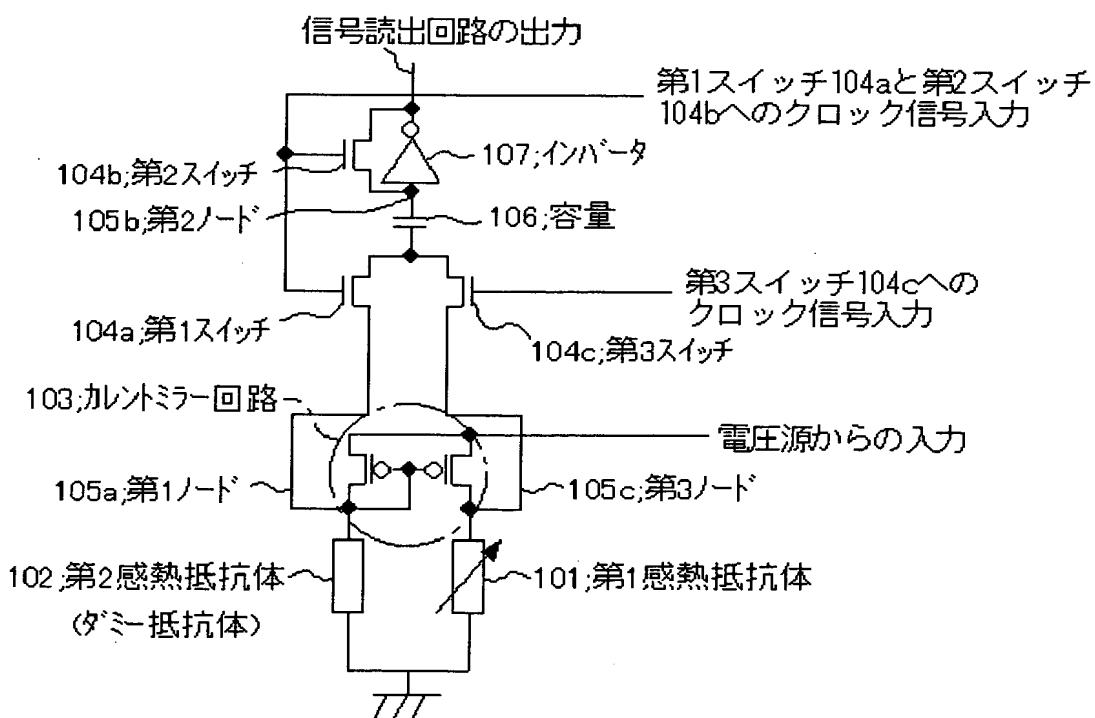
【図13】



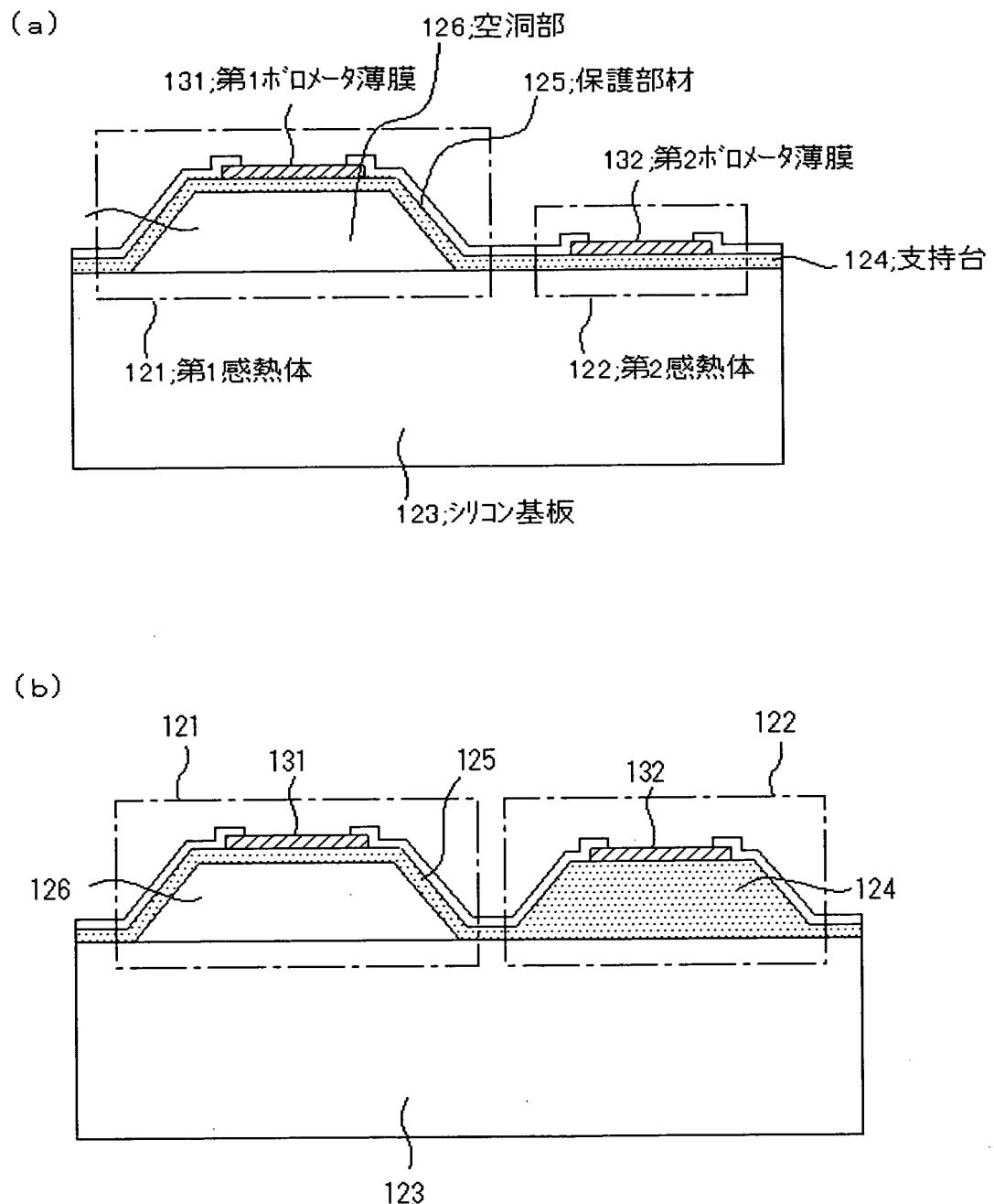
【図14】



【図15】



【図16】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】

ペルチェ素子のような温度制御器を用いることなく、環境温度や検出器内の素子の自己発熱等に起因する検出器出力のドリフトを抑制することができ、更に、開口率を増加させて感度を上げることができる熱型赤外線検出器の提供。

【解決手段】

アレイを構成する各々の画素に、第1の温度検出部5aと第2の温度検出部5bとを設け、双方の温度検出部5a、5bが基板から熱的に分離するようにボロメータ薄膜7を梁6で浮かせて形成し、第1の温度検出部5aには、その端部から梁6及び第2の温度検出部5bに触れないよう両外側に向かって延びる庇4を設け、第2の温度検出部5b上層には赤外線反射膜12を形成し、庇4と赤外線反射膜12の熱容量を略等しくすることにより、双方の温度検出部5a、5bにおける環境温度及び自己発熱による温度変化の影響をキャンセルし、第1の温度検出部5a又は庇4に入射した赤外線による信号のみを取り出す。

【選択図】

図3

出願人履歴情報

識別番号 [000004237]

1. 変更年月日 1990年 8月29日

[変更理由] 新規登録

住 所 東京都港区芝五丁目7番1号

氏 名 日本電気株式会社

感熱抵抗体が配設され、前記第2の温度検出部には、前記基板から熱的に分離された第2の感熱抵抗体が前記第1の感熱抵抗体と略同一形状で配設されると共に、前記第2の感熱抵抗体に入射する赤外線を遮断する手段を備え、前記第1の感熱抵抗体及び前記第2の感熱抵抗体の温度変化に基づく出力信号の差分が、前記基板内に形成された読出回路で検出されるものである。

【0034】

本発明においては、前記第1の感熱抵抗体及び前記第2の感熱抵抗体がバイアス電流で駆動され、前記バイアス電流による自己発熱に基づく前記出力信号の変化が、前記第1の感熱抵抗体と前記第2の感熱抵抗体とで相殺されることが好ましい。

【0035】

また、本発明においては、前記赤外線を遮断する手段が、前記第2の感熱抵抗体に入射する赤外線を反射する赤外線反射手段、又は、前記第2の感熱抵抗体に入射する赤外線を前記第2の感熱抵抗体上部で吸収する赤外線吸収手段の少なくとも一方を有することが好ましい。

【0036】

また、本発明においては、前記赤外線反射手段が、前記第2の感熱抵抗体上層に形成されたA1、Ti、W及びそれらのシリサイド膜のいずれかを含む構成とすることができる。

【0037】

また、本発明においては、前記赤外線吸収手段が、前記第2の感熱抵抗体の少なくとも一部を空間を隔てて覆い、その一側端部が前記第1の感熱抵抗体に熱的に接続される構造体からなる構成とすることができる。

【0038】

また、本発明においては、前記第1の温度検出部及び前記第2の温度検出部の熱容量が所定の範囲で一致するように、前記赤外線反射手段又は前記赤外線吸収手段の熱容量が設定されることが好ましい。

【0039】

本発明は、上記構成により、第1の温度検出部及び第2の温度検出部の双方の

感熱抵抗体にバイアス電流を流すと、共にジュール熱が発生して温度が上昇し、抵抗の変化による電圧変化が同様に生じる。一方、赤外線を感知しない第2の温度検出部には赤外線を遮断する手段が設けられているため、赤外線は第2の温度検出部に吸収されず、第2の感熱抵抗体の抵抗は変化しない。従って、両者の差分を検出することによって、環境温度の変動のみならず、バイアス電流の自己発熱をもキャンセルすることができ、入射赤外線によって生じる電圧変化のみを検出することができる。更に、赤外線を感知しない第2の温度検出部上部に設けた赤外線吸収手段に入射した赤外線も第1の温度検出部で検出されるため、開口率及び感度を向上させることができる。

【0040】

【発明の実施の形態】

本発明に係る熱型赤外線検出器は、その好ましい一実施の形態において、アレイを構成する各々の画素に、第1の温度検出部5aと第2の温度検出部5bとを設け、双方の温度検出部5a、5bが基板から熱的に分離するようにボロメータ薄膜7を梁6で浮かせて形成し、第1の温度検出部5aには、その端部から梁6及び第2の温度検出部5bに触れないように両外側に向かって延びる庇4を設け、第2の温度検出部5b上層には赤外線反射膜12を形成し、庇4と赤外線反射膜12の熱容量を略等しくすることにより、双方の温度検出部5a、5bにおける環境温度及び自己発熱による温度変化の影響をキャンセルし、第1の温度検出部5a又は庇4に入射した赤外線による信号のみを取り出すことができる。

【0041】

【実施例】

上記した本発明の実施の形態についてさらに詳細に説明すべく、本発明の実施例について図1乃至図11を参照して説明する。図1乃至図7は、第1の実施例に係る熱型赤外線検出器の構造を模式的に示す図であり、図1は2×2画素の平面図、図2は図1の庇4を取り除いた平面図、図3乃至図5は、各々図1のX-X'、Y-Y'及びZ-Z'線における断面図である。図6は、図2において入射赤外線を感知する感熱抵抗体を含む温度検出部の断面を電流経路A-A'線に沿って描いたものであり、図7は、図2において入射赤外線では温度変化が生じない感熱抵抗体

を含む温度検出部の断面を電流経路B-B' 線に沿って描いたものである。また、図8は、本実施例の効果を示す図であり、図11及び図12は熱型赤外線検出器の他の構造を模式的に示す断面図である。

【0042】

まず、本実施例の熱型赤外線検出器の構造について説明すると、図1に示すように、1つの画素1に入射赤外線を感知する素子2と入射赤外線を感知しない素子3の2つの素子が形成されており、入射赤外線を感知する素子2には赤外線を吸収する庇4が設けられて開口率を増加させる工夫がされている。また、庇4を取り除いた図2及び図3に示すように、素子2及び素子3は、温度検出部5a、5bと同検出部を支える複数の梁6とで構成されている。また、素子3の温度検出部5bの最上層には赤外線反射膜12が成膜され、赤外線が温度検出部5bに吸収されないように工夫されている。

【0043】

より具体的には、基板13はシリコンウェハー等からなり、その内部にCMOSプロセスにより読出回路17が作り込まれている（図6及び図7参照）。基板13上には、例えば、200nm厚のAlからなる赤外線反射膜14が形成され、その上層に200nm厚のシリコン酸化膜等の保護膜15が形成されている。なお、赤外線反射膜14の材料としては、Alの代わりに、Ti、W等の他の金属やそれらのシリサイド膜等の赤外線反射部材を用いることもでき、また、保護膜15としては、シリコン酸化膜の代わりに、シリコン窒化膜やシリコン酸窒化膜等を用いることもできる。

【0044】

空洞部16は、デバイス製造の最初の工程ではパターニングされた感光性ポリイミドで埋められており、デバイス製造の最終工程で酸素プラズマのアッシング等により除去される。この空洞部16を埋めている層は、一般的に犠牲層と呼ばれ、この犠牲層の上に熱型赤外線検出器アレイが形成され、1つの画素1の大きさは例えば $37 \times 37 \mu\text{m}$ で、温度検出部5a、5bの大きさはそれぞれ $11.5 \times 35 \mu\text{m}$ 程度、梁6は幅 $2 \mu\text{m}$ 、長さ $29 \mu\text{m}$ 程度である。

【0045】

温度検出部5a、5bは、例えば、波長 $8 \sim 12 \mu\text{m}$ 付近の赤外線を吸収する500nm厚

程度のシリコン窒化膜等からなる保護膜8、同保護膜で取り囲まれた100nm厚でB定数が3000程度のNiMnCo酸化物ボロメータ材料薄膜7、および100nm厚のNiCr電極10で構成されている。また、梁6は、例えば500nm厚のシリコン窒化膜の保護膜8と同保護膜で囲まれた100nm厚のNiCr配線9から成り、基板13から空洞部16を介して温度検出部5a、5bを宙に浮かせるように支持し、熱分離構造を実現している。配線9はボロメータ材料薄膜7の電極10と基板上のコンタクト11を電気的に接続し、同コンタクト11は読出回路17に電気的に接続されている。

【0046】

なお、ボロメータ材料として、NiMnCo酸化物以外に、Ti金属薄膜、多結晶シリコン薄膜、非晶質シリコン薄膜、非晶質ゲルマニウム薄膜、非晶質シコンゲルマニウム薄膜、(La,Sr) MnO₃薄膜、YBaCuO薄膜、酸化バナジウム薄膜等でもよい。また、保護膜8は赤外線を吸収する材料であればよく、シリコン窒化膜以外に、シリコン酸化膜、シリコン炭化膜、シリコン酸窒化膜およびこれらの積層膜等で形成することもできる。配線9や電極10の材料としては、熱伝導率が小さければよく、NiCr以外にTiやTi合金でもよい。なお、多結晶シリコンや非晶質シリコンをボロメータ材料に使う場合には、配線9と電極10の代わりに、シリコンにボロンや砒素を高濃度に注入・拡散したものを使うことにより、製造工程を簡略化することができる。

【0047】

入射赤外線を感知する素子2には、更に、波長8~12μm付近の赤外線を吸収する500nm厚のシリコン窒化膜等からなる底4が温度検出部5aの端部から外側の素子に向かって伸び、赤外線を感知しない素子3と梁6を空間を隔てて覆っている。この底4により、素子3に入射した赤外線は底4により吸収され、それにより発生した熱は隣接する温度検出部5aのボロメータ薄膜7に流入するため、赤外線を感知しない素子3のスペースも赤外線の検出に有效地に利用することができ、開口率を向上させることができる。具体的には、底4同士の隙間を2μmとすると、底4の大きさは35×35μmとなり、開口率は89.5%と高くすることができる。なお、底4の材料としては、シリコン窒化膜以外に、シリコン酸化膜、シリコン炭化膜、シリコン酸窒化膜およびこれらの積層膜等を用いることもできる。

【0048】

一方、赤外線を感じしない素子3の最上層には720nm厚程度のAlの赤外線反射膜12が形成されており、底4同士の隙間から入射した赤外線を完全に反射し、温度検出部5bの赤外線による温度変動を抑制する役割を果たしている。この赤外線反射膜12と底4とは光学的共振構造を構成するように間隔を設定することにより、底4の赤外線吸収率を高めることができる。ここで、赤外線反射膜12の材料は、赤外線反射膜14と同様に、Alに代えてTi、W等の他の金属やそれらのシリサイド膜等でも良く、その厚さを、底4及び赤外線反射膜12の各々の熱容量が所定の範囲で一致し、好ましくは略等しくなるように設定することにより、温度検出部5a、5bの熱時定数、熱コンダクタンス等の温度特性を同等にすることができる。

【0049】

上記構成で形成した320×240画素のボロメータ型の熱型赤外線検出器では、感熱抵抗体の平均的な抵抗値は $40\text{k}\Omega$ 、15mm□のアレイ内で抵抗ばらつきは10%P-P、1画素内の素子2と素子3との抵抗値の差は約 500Ω であった。この差は、主にコンタクト抵抗に起因するものである。また、熱分離構造を有する素子の熱コンダクタンスの平均値はアレイ内で $1.5 \times 10^{-7}\text{W/K}$ 、温度検出部の熱容量の平均値はアレイ内で $1.0 \times 10^{-9}\text{J/K}$ であり、1画素内の2素子に対して、これらの値は2%以内の差であった。なお、これらの素子に印加するバイアス電圧は5Vで、バイアスパルスの間隔は $30\mu\text{sec}$ である。

【0050】

次に、本実施例の熱型赤外線検出器の動作について述べる。前述したように、1つの画素1の中には赤外線を感じる素子2と赤外線を感じない素子3が形成され、入射赤外線は素子2の保護膜8及びボロメータ材料薄膜7、底4によって一部吸収され、残りは透過して赤外線反射膜12と14により反射され、各々底4や素子2の温度検出部5aに再入射し、もう一度吸収される。

【0051】

吸収された赤外線は、温度検出部5aを暖め、同検出部内のボロメータ材料薄膜7（感熱抵抗体）の抵抗を変化させる。この抵抗変化は、オンチップ回路17からバイアス電流を供給することにより電圧変化として読み出される。ここで、前述

したように、感熱抵抗体にバイアス電流を流すとジューク熱が発生し、温度検出部5aの温度が上昇して抵抗が変化し、電圧変化として読み出される。

【0052】

一方、赤外線を感じしない素子3の温度検出部5bの最上層には赤外線反射膜12が成膜されているため、赤外線は温度検出部5bに吸収されず、入射赤外線によって感熱抵抗体の抵抗は変化しない。従って、バイアス電流を供給してもジューク熱しか発生せず、入射赤外線による信号電圧は読み出されない。以上のことと次に定式化すると、本実施例の熱型赤外線検出器では、1つの画素内の2素子が熱分離されているので、両感熱抵抗体（抵抗値 R_B と R_R ）の各々の温度 T_B と T_R は、以下のように表現される。

【0053】

$$T_R = T_A + \sum_{i=1}^{\infty} \Delta T_{Ai} \sin\left(2\pi \frac{t}{t_i}\right) \left(1 - \exp\left(-\frac{t}{\tau_{th}^R}\right)\right) + \Delta T_J^R \quad \cdots(11)$$

$$T_B = T_A + \sum_{i=1}^{\infty} \Delta T_{Ai} \sin\left(2\pi \frac{t}{t_i}\right) \left(1 - \exp\left(-\frac{t}{\tau_{th}^B}\right)\right) + \Delta T_J^B + \Delta T_{OBJ} \quad \cdots(12)$$

$$\tau_{th} = \frac{C_{th}}{G_{th}} \quad \cdots(13)$$

【0054】

ここで、 τ_{th}^R と τ_{th}^B は、各々赤外線を感じしない素子3と感知する素子2の熱時定数、 ΔT_J^R と ΔT_J^B は、各々赤外線を感じしない素子3と感知する素子2のジューク熱による温度上昇である。式11と式12において、環境温度のドリフトの変動周期 t_i は、一般に熱時定数 τ_{th}^R と τ_{th}^B に比べて遙かに大きい。

【0055】

感熱抵抗体が金属で抵抗温度係数が等しい理想的な場合 ($\kappa_B = \kappa_R$)、図13の回路構成を用いると、出力信号は式8で表される。赤外線を感じしない素子3と感知する素子2の抵抗、熱時定数、熱コンダクタンスが等しくなるように素子を製造することにより、式11及び式12の τ_{th} 及び ΔT_J の項を相殺することができ、出力信号は次式のようになり、被写体だけの信号を抽出することができる。

【0056】

$$V_{out} \propto \frac{R_B}{R_R} \exp(\kappa_B \Delta T_{OBJ}) \quad \cdots(14)$$

【0057】

一方、半導体的な振舞いをする感熱抵抗体の場合、抵抗の温度依存性は次式で表現される。

【0058】

$$R = R_0 \exp\left(\frac{B}{T}\right) \quad \cdots(15)$$

【0059】

ここで、Bはサーミスター・ボロメータのB定数である。赤外線を感知しない素子3と感知する素子2の感熱抵抗体のB定数が等しい場合、図13の回路構成を用いると、出力信号Voutは、

【0060】

$$V_{out} \propto \frac{R_F}{R_S} = \frac{R_B}{R_R} = \frac{R_{B0}}{R_{R0}} \exp\left(B\left(\frac{1}{T_B} - \frac{1}{T_R}\right)\right) \quad \cdots(16)$$

【0061】

となり、式14の金属の場合より複雑であるが、環境温度の変動やジュール熱の影響が相殺されるという点で、効果として酷似している。

【0062】

このように、本実施例の熱型赤外線検出器の構成によれば、1画素内に赤外線を吸収する素子2と赤外線を吸収しない素子3とを設け、素子2と素子3と共に熱分離構造のボロメータ材料薄膜7等の感熱抵抗体を形成し、更に素子3の上部には、温度検出部5aのボロメータ材料薄膜7に接続され、空間を隔てて温度検出部5bを覆う庇4を設けると共に、温度検出部5bのボロメータ材料薄膜7表面に赤外線反射膜12を形成して温度検出部5bに赤外線が入射しないようにし、更に、赤外線反射膜12と庇4の熱容量を略等しくすることにより、環境温度やバイアス電流による発熱の影響を温度検出部5aと温度検出部5bとで相殺し、赤外線入射による温度変化分のみを検出することができる。

【0063】

上記効果を、第1及び第2の温度検出部5a、5bの熱容量差 $\Delta C_{th}/C_{th}$ が2%以下である上記構成の320×240画素の熱型赤外線検出器を用いて実験した結果について図8を参照して説明する。図8は、実験結果を示すグラフであり、横軸は時間を、縦軸は相対出力電圧を示している。本実験において、温度変動幅2°C、周期1時間の環境下に置いた。この時、バイアス電圧の変動幅は1mVで、周期は約1時間であった。上記条件のもと典型的な画素信号の相対出力電圧は、図8の◆印で示すデータになり、環境温度、バイアス電流の影響による電圧の変動は0.04%_{P-P}と非常に小さいことが分かる。

【0064】

参考のため、図13の第1の従来例に対応した320×240画素の熱型赤外線検出器を試作して、温度変動に対して同様の測定を行った。なお、この従来型の熱型赤外線検出器の構造は、赤外線を感じない素子3が基板13のシリコン酸化膜15の上に直に形成されていること以外は、全て本実施例の熱型赤外線検出器と同じである。実験の結果、従来型検出器の典型的な画素信号の相対出力電圧は、図8の◇印で示すデータになり、電圧の変動は1.44%_{P-P}であった。図8の2つのデータを比べると、1画素内に設けた赤外線を感じる素子2と感じない素子3の両方が熱分離構造を有する本実施例の構造の方が、環境温度変動に対する変化は1桁以上改善されていることが分かる。

【0065】

また、第1及び第2の温度検出部5a、5bの熱容量差 $\Delta C_{th}/C_{th}$ が10%以下、20%以下の熱型赤外線検出器を用いて同様の実験を行ったところ、図9及び図10に示すように、環境温度、バイアス電流の影響による電圧の変動は、それぞれ0.14%_{P-P}、0.244%_{P-P}となり、熱容量差の増加に伴い電圧の変動も大きくなつた。この温度検出部5a、5bの熱容量差の許容範囲は、赤外線検出器の製造条件、光学系、電気系を含めた赤外線検出器の総合的な特性を勘案して決定されるものであるが、本願発明者の実験によれば、電圧変動のレベルは◇印で示す従来構造の1/5以下であれば実質的に問題ないことを確認しており、第1及び第2の温度検出部5a、5bの熱容量差としては±10%以下の範囲であることが好ましいと考えら

れる。

【0066】

以上は、半導体的な振舞いをする感熱抵抗体を用いた熱型赤外線検出器アレイの実施例であったが、感熱抵抗体のみをチタン金属薄膜に替えて320×240画素の熱型赤外線検出器を試作し、同様に温度変動に対する画素信号の相対出力電圧を測定した。チタンは蛇行形状で抵抗は $5\text{k}\Omega$ 、抵抗温度係数は $0.25\%/\text{K}$ であり、それ以外のパラメータは同じである。実験の結果は図示しないが、1画素内に設けた赤外線を感知する素子2と感知しない素子3の両方が熱分離構造を有する方が、環境温度変動に対する変化は1桁以上改善されることを確認している。

【0067】

なお、本実施例では、図14の回路を適用した例について説明したが、第2の従来例（特開平10-227689号公報）に記載されている図15の読み出し回路を用いても結果は本質的に同じである。簡単に説明すると、入射赤外線を感知する素子と感知しない素子を直列接続してバイアス電圧を印加し、その中点を信号出力とするものである。この場合も同様に信号出力Voutは、表式は異なるが、2つの素子の抵抗の比で表される。

【0068】

また、本実施例では、第2の温度検出部5bの上部に赤外線反射膜12を設け、更に空間を隔てて赤外線を吸収する底4を設ける例について記載したが、この底4がない場合には開口率の向上は図れないが、環境温度の変動やバイアス電流による自己発熱の影響をキャンセルすることはできる。この場合、図11(a)に示すように、温度検出部5a、5bの熱時定数、熱コンダクタンス等の温度特性を同等にするために、温度検出部5aのボロメータ薄膜7を囲む保護膜8を厚く形成したり、その上に赤外線を透過する他の材料18を形成することが好ましい。

【0069】

更に、上記説明では、底4をシリコン酸化膜等の絶縁膜で形成し、温度検出部5b中央で分断するようにしたが、本発明は上記実施例に限定されるものではなく、例えば、図11(b)、(c)に示すように、光学的共振構造を形成して赤外線吸収率を高めたり、熱伝導性や機械的強度を高めるために底4をボロメータ材

料19や赤外線を透過する膜厚で形成された金属薄膜20を内部に含む構造体で形成したり、底4の上部に金属薄膜20を形成することもできる。また、図12(a)に示すように、温度検出部5aの一端から隣接する温度検出部5b全面を覆うように底4を形成することもできる。この(a)の構造の底4下部に赤外線を遮断する膜厚で形成された金属膜21を形成することもでき(図12(b)参照)、この場合には底4によって温度検出部5bに入射する赤外線を完全に遮断することができるため、温度検出部5bに赤外線反射膜12を形成しなくてもよく、構造を簡略化することができる。

【0070】

【発明の効果】

以上説明したように、本発明の熱型赤外線検出器によれば、下記記載の効果を奏する。

【0071】

本発明の第1の効果は、環境温度変動やジユール熱による素子の自己発熱の影響を受けず、ペルチエ素子のような温度制御器を必要としない熱型赤外線検出器を提供することができるということである。

【0072】

その理由は、本発明の熱型赤外線検出器では、1画素内に赤外線を感知する素子と感知しない素子を設け、両素子に同形状の感熱抵抗体と共に熱分離構造で形成し、更に、赤外線を感知しない素子の感熱抵抗体上部に赤外線反射膜を設けることによって、環境温度変動やジユール熱による素子の自己発熱の影響を相殺し、入射赤外線の出力のみを検出することができからである。

【0073】

また、本発明の第2の効果は、開口率、感度を向上させることができるということである。

【0074】

その理由は、赤外線を感知する素子には感熱抵抗体端部から梁及び赤外線を感知しない素子を覆う底を設け、赤外線を感知しない素子に入射する赤外線も有効に利用することができるからである。

【図面の簡単な説明】

【図1】

本発明の一実施例に係る熱型赤外線検出器の構成を示す、 2×2 画素の平面図である。

【図2】

本発明の一実施例に係る熱型赤外線検出器の構成を示す、 2×2 画素の平面図であり、図1の底を取り除いた平面図である。

【図3】

本発明の一実施例に係る熱型赤外線検出器の構成を示す図であり、図1のX-X線における断面図である。

【図4】

本発明の一実施例に係る熱型赤外線検出器の構成を示す図であり、図1のY-Y線における断面図である。

【図5】

本発明の一実施例に係る熱型赤外線検出器の構成を示す図であり、図1のZ-Z線における断面図である。

【図6】

入射赤外線を感知する感熱抵抗体を含む温度検出部を、図1の電流経路A-A'に沿って描いた断面図である。

【図7】

入射赤外線では感知しない感熱抵抗体を含む温度検出部を、図1の電流経路B-B'に沿って描いた断面図である。

【図8】

本発明の一実施例に係る熱型赤外線検出器の効果を示す図である。

【図9】

本発明の一実施例に係る熱型赤外線検出器の効果を示す図である。

【図10】

本発明の一実施例に係る熱型赤外線検出器の効果を示す図である。

【図11】

本発明の一実施例に係る熱型赤外線検出器の他の構成を示す断面図である。

【図12】

本発明の一実施例に係る熱型赤外線検出器の他の構成を示す断面図である。

【図13】

従来の熱型赤外線撮像素子の構成を示す斜視図である。

【図14】

従来の熱型赤外線撮像素子からの信号を増幅する回路を示す図である。

【図15】

従来の信号読出回路を示す図である。

【図16】

従来の熱型赤外線検出器の構成を示す断面図である。

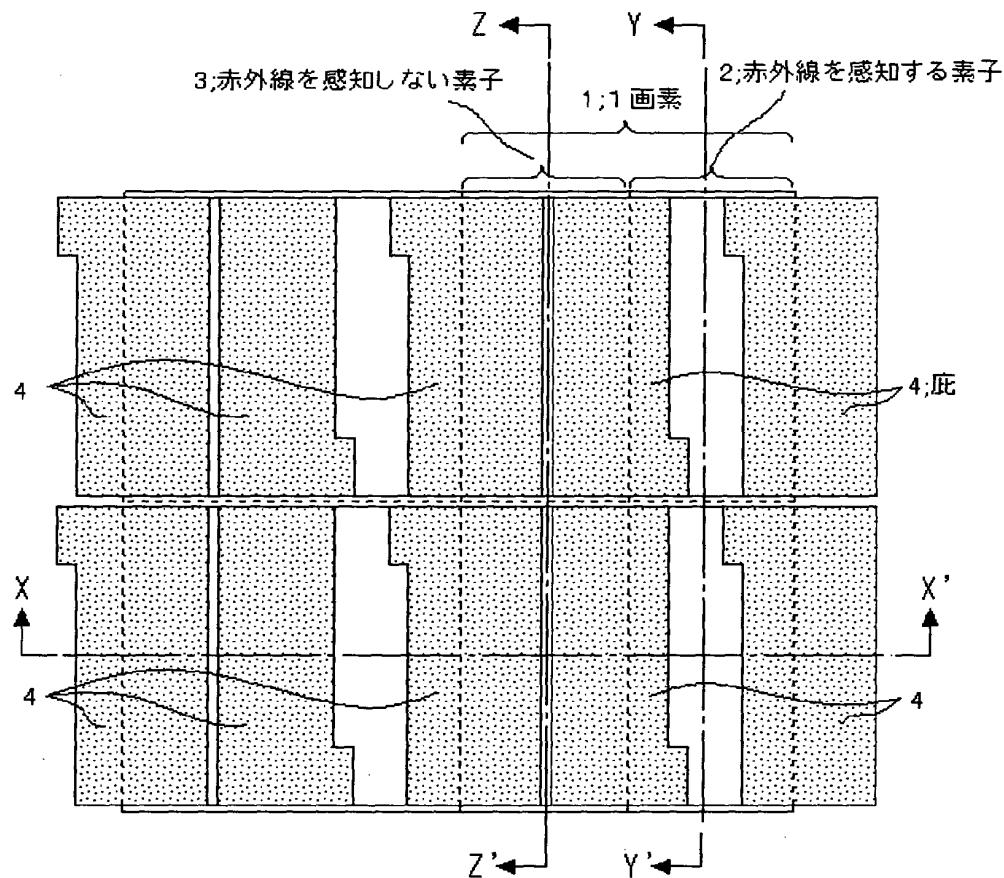
【符号の説明】

- 1 1画素
- 2 赤外線を感知する素子
- 3 赤外線を感知しない素子
- 4 底
- 5 a 第1の温度検出部
- 5 b 第2の温度検出部
- 6 梁
- 7 ポロメータ材料薄膜
- 8 保護膜
- 9 配線
- 10 電極
- 11 コンタクト
- 12 赤外線反射膜
- 13 基板
- 14 赤外線反射膜
- 15 保護膜
- 16 空洞部

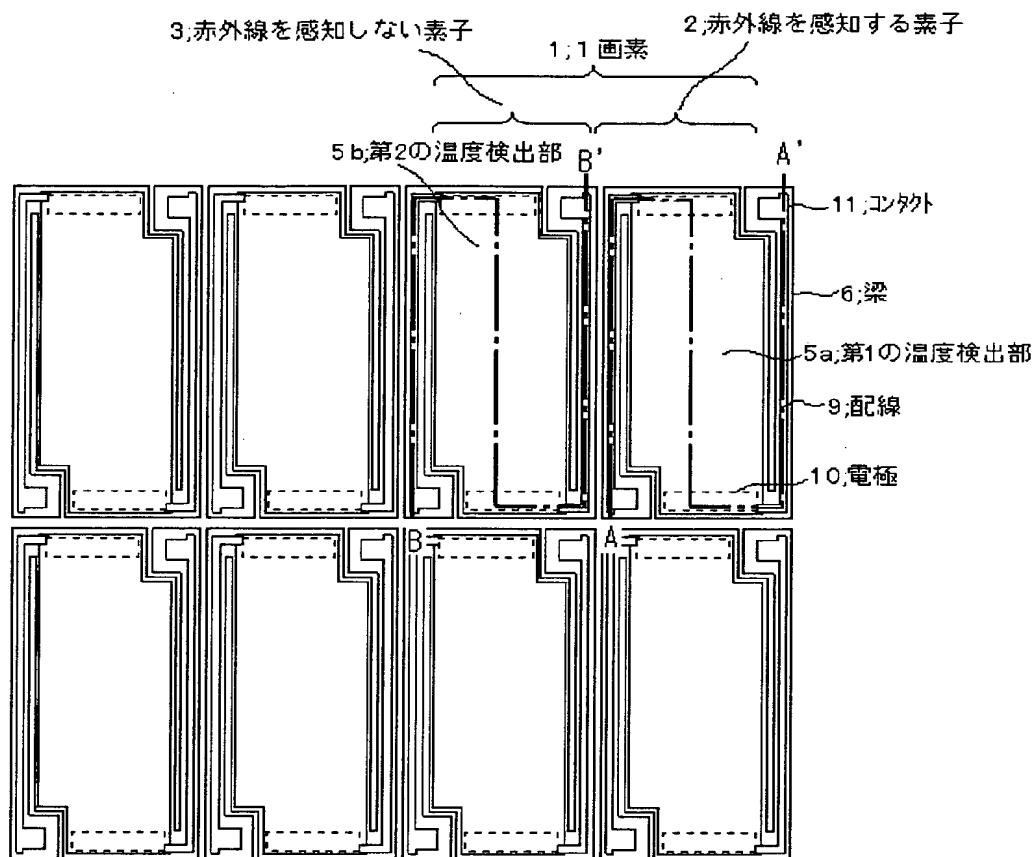
- 1 7 読出回路
- 1 8 赤外線透過材料
- 1 9 ボロメータ材料
- 2 0 金属薄膜
- 2 1 金属膜
- 8 0 金属ボロメータ
- 8 1 支柱
- 8 2 基板
- 8 3 抵抗体
- 8 4 オペアンプ
- 1 0 1 第1感熱抵抗体
- 1 0 2 ダミー抗体である第2感熱抵抗体
- 1 0 3 カレントミラー回路
- 1 0 4 a 第1スイッチ
- 1 0 4 b 第2スイッチ
- 1 0 4 c 第3スイッチ
- 1 0 5 a 第1ノード
- 1 0 5 b 第2ノード
- 1 0 5 c 第3ノード
- 1 0 6 容量
- 1 0 7 インバータ
- 1 2 1 第1感熱抵抗体
- 1 2 2 第2感熱抵抗体
- 1 2 3 シリコン基板
- 1 2 4 支持台
- 1 2 5 保護部材
- 1 2 6 空洞部
- 1 3 1 第1ボロメータ薄膜
- 1 3 2 第2ボロメータ薄膜

【書類名】 図面

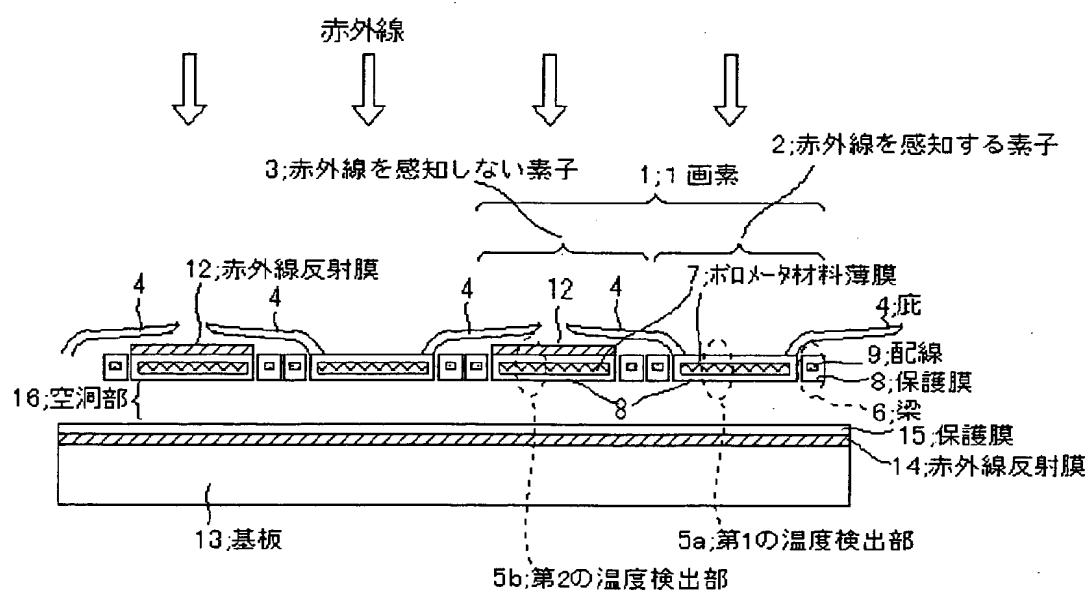
【図1】



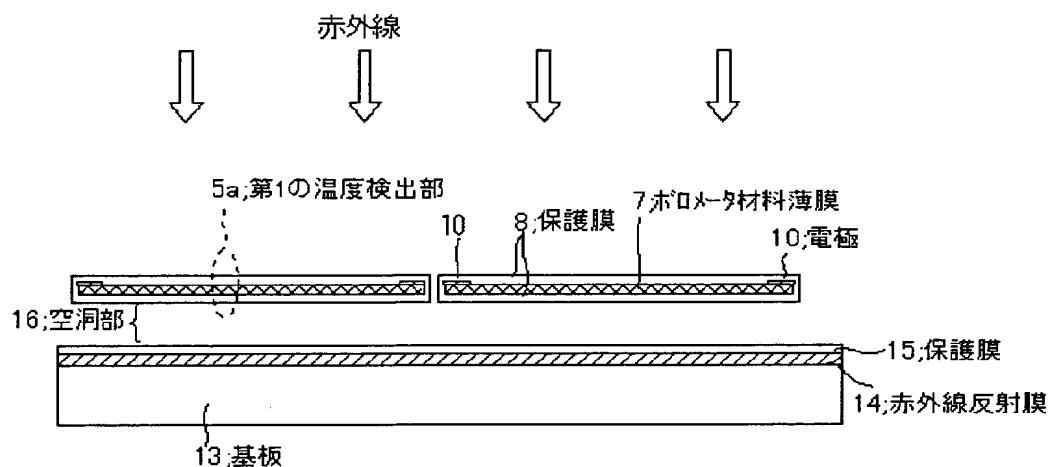
【図2】



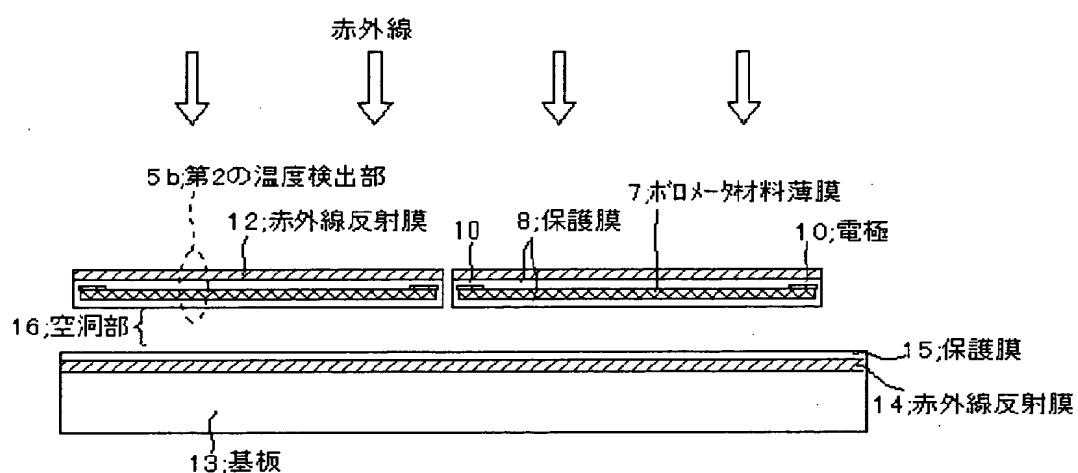
【図3】



【図4】



【図5】



【図6】

